

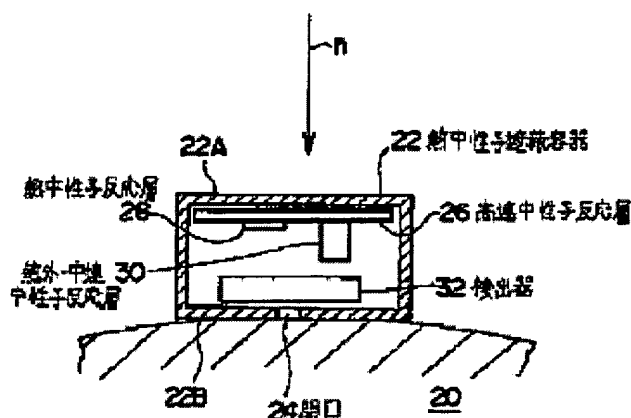
NEUTRON DETECTING DEVICE

Patent number: JP9021881
Publication date: 1997-01-21
Inventor: NAKAOKA HIROSHI; OSHIMA TOSHINORI
Applicant: ALOKA CO LTD
Classification:
 - international: **G01T1/00; G01T3/00; G01T3/08; G01T1/00; G01T3/00;**
 (IPC1-7): G01T3/00; G01T1/00; G01T3/08
 - european:
Application number: JP19950170611 19950706
Priority number(s): JP19950170611 19950706

Report a data error here

Abstract of JP9021881

PROBLEM TO BE SOLVED: To uniformize the sensitivity over a wide energy range in a portable neutron detecting device for detecting a neutron. **SOLUTION:** An opening 24 is formed on the human body side in a thermal neutron shield container 22, a thermal neutron scattered in a human body 20 passes through the opening 24, undergoes nuclear reaction in a thermal neutron reaction layer 28, and a charged particle produced is detected with a detector 32. A fast neutron passes through the thermal neutron shield container 22, undergoes nuclear reaction in a fast neutron reaction layer 26, and a recoil particle produced is detected with the detector 32. Epithermal neutrons and intermediate neutrons pass through the thermal neutron shield container 22, undergo nuclear reaction in an epithermal/intermediate neutron reaction layer 30 to generate charged particles. The charged particles generated by the intermediate neutrons are detected with the detector 32 without receiving attenuation by this material, and on the other hand the charged particles generated by the epithermal neutrons receive attenuation by self absorption effect during moving in a nuclear material, and only a part is detected by the detector 32. Sensitivity of the epithermal neutron can be controlled by the self absorption effect.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-21881

(43) 公開日 平成9年(1997)1月21日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 T 3/00		9409-2G	G 0 1 T 3/00	A
1/00		9216-2G	1/00	D
3/08		9409-2G	3/08	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-170611

(22) 出願日 平成7年(1995)7月6日

(71) 出願人 390029791

アロカ株式会社

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号

(72) 発明者 中岡 弘

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 アロカ株式会社内

(72) 発明者 大島 俊則

東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 アロカ株式会社内

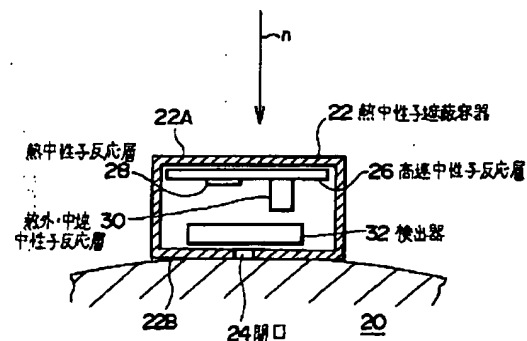
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 中性子検出装置

(57) 【要約】

【課題】 中性子を検出する携帯型の中性子検出装置において、広いエネルギー範囲に渡って感度を均一化する。

【手段】 熱中性子遮蔽容器22には、その人体側に開口24が形成され、人体20にて散乱した熱中性子は開口24を通過して熱中性子反応層28にて核反応し、生じた荷電粒子は検出器32で検出される。高速中性子は、熱中性子遮蔽容器22を通過して高速中性子反応層26にて核反応し、これによる反跳粒子が検出器32にて検出される。熱外中性子及び中速中性子は、熱中性子遮蔽容器22を通過し熱外・中速中性子反応層30にて核反応を生じ、荷電粒子が発生する。中速中性子にて発生した荷電粒子は、当該物質にてそれ程減弱を受けることなく検出器32にて検出され、一方、熱外中性子にて発生した荷電粒子は、当該物質中を移動する際に自己吸収効果によって減弱し、その一部のみが検出器32にて検出される。すなわち、自己吸収効果によって熱外中性子の感度を調整できる。



(2)

特開平9-21881

【特許請求の範囲】

【請求項1】 人体へ装着して使用される中性子検出装置であって、
熱中性子遮蔽材で構成され、人体側である後方側に熱中性子を通過させる開口が形成された熱中性子遮蔽容器と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、前記開口から進入した熱中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる熱中性子反応層と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、熱外中性子及び中速中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる部材で構成され、中速中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせず熱外中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせるように厚さが調整された熱外・中速中性子反応層と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、高速中性子により核反応を生じて反跳粒子を生じさせる高速中性子反応層と、
前記反跳粒子及び前記荷電粒子を検出する検出器と、
を含み、
前記熱外・中速中性子反応層での自己吸収を利用してエネルギー感度を平坦化させることを特徴とする中性子検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の中性子検出装置において、
前記熱中性子反応層と前記熱外・中速中性子反応層は横並びで形成されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項3】 請求項1記載の中性子検出装置において、
前記熱外・中速中性子反応層の人体側の端部領域を前記熱中性子反応層として機能させたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項4】 人体へ装着して使用される中性子検出装置であって、
熱中性子遮蔽材で構成され、人体側である後方側に熱中性子を通過させる開口が形成された熱中性子遮蔽容器と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、熱中性子から中速中性子までの中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる部材であって、前記開口から進入した熱中性子、前方側から飛来した熱外中性子及び前方側から飛来した中速中性子のそれぞれの感度を平坦化するために、中性子飛来方向の厚さを連続的に変化させてなる調整反応層と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、前方側から飛来した高速中性子により核反応を生じて反跳粒子を生じさせる高速中性子反応層と、
前記反跳粒子及び前記荷電粒子を検出する検出器と、
を含み、
前記調整反応層は、中速中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせず熱外中性子により発生

した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせるように厚さ設定されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項5】 請求項1記載の中性子検出装置において、
前記遮蔽容器内において、前記高速中性子反応層の人体側面には、前記熱中性子反応層及び前記熱外・中速中性子反応層が設けられ、それらの反応層の人体側に前記検出器が配置されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項6】 請求項4記載の中性子検出装置において、
前記遮蔽容器内において、前記高速中性子反応層の人体側面には、前記調整反応層が設けられ、その調整反応層の人体側に前記検出器が配置されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項7】 請求項1記載の中性子検出装置において、
前記熱中性子反応層は、中性子と核反応して α 線を放出する物質で構成されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項8】 請求項1記載の中性子検出装置において、
前記熱外・中速中性子反応層は、中性子と核反応して α 線を放出する物質で構成されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項9】 請求項1記載の中性子検出装置において、
前記高速中性子反応層は、反跳陽子を放出する樹脂層で構成されたことを特徴とする中性子検出装置。

【請求項10】 中性子検出装置であって、
熱中性子遮蔽材で構成され、その一部に熱中性子を通過させる開口が形成された熱中性子遮蔽容器と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、前記開口から進入した熱中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる熱中性子反応層と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、熱外中性子及び中速中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる部材で構成され、熱外中性子により発生した荷電粒子に対して自己吸収を生じさせるように厚さが調整された熱外・中速中性子反応層と、
前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、高速中性子により核反応を生じて反跳粒子を生じさせる高速中性子反応層と、
前記反跳粒子及び前記荷電粒子を検出する検出器と、
を含むことを特徴とする中性子検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は放射線取扱施設の作業者などに携帯される中性子検出装置に関し、特に広いエネルギー範囲にわたって中性子を検出する中性子検出器の構造に関する。

(3)

特開平9-21881

【0002】

【従来の技術】原子力発電所、核燃料処理施設、加速器実験施設などの放射線取扱施設内の作業には、個人被曝管理上、放射線を検出する線量計の携帯が義務付けられている。携帯型の中性子検出装置は、そのための装置であり、例えば作業者の胸ポケットなどに装着して使用される。従来のそのような中性子検出装置としては、フィルムバッチやTLDなどが知られているが、現像や加熱読取りなどの煩雑さの問題が指摘されている。また、広いエネルギー範囲にわたって良好な感度で中性子の検出を行うことが困難である問題が指摘されている。

【0003】そこで、特開平5-232239号公報では半導体検出器を利用した携帯型の中性子検出装置が提案されている。図6には、かかる従来の中性子検出装置が示されており、その装置は人体8の胸上などに装着して使用される。図6において、遮蔽容器10は、主として前面板10Aにおいて前方から飛来する熱中性子を阻止遮断する。すなわち、遮蔽容器10は熱中性子遮蔽容器として機能する。その遮蔽容器10の後面板10Bには、所定面積をもった小さい開口12が形成されている。この開口12は、人体8に直接進入して後方散乱した熱中性子を遮蔽容器10内に進入させるためのものである。この開口12によって、通常、感度がきわめて高くなりやすい熱中性子の感度が抑制されている。

【0004】遮蔽容器10内には、熱中性子よりも高いエネルギーをもった中性子（熱外中性子、中速中性子など）に対して減速作用を及ぼす減速材14が配置され、その減速材14において高いエネルギーの中性子が熱中性子化される。核反応層16は、熱中性子に対して大きい反応断面積をもつもので、開口12から進入した熱中性子及び減速材14による熱中性子化により生成された熱中性子と核反応して、荷電粒子である例えば α 線を生じさせるものである。その荷電粒子は半導体検出器18にて検出される。以上のような構成により、熱中性子とそれ以上のエネルギーをもった中性子との感度調整が図られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の中性子検出器では、開口12の面積調整などにより、熱中性子とそれ以上のエネルギーをもった中性子との相対的な感度調整を図ることができるが、熱中性子、熱外中性子、中速中性子などの相互の感度調整を図ることは困難であった。また、10桁にも及ぶエネルギー範囲にわたって中性子検出を行うことも困難であった。

【0006】すなわち、上記従来の中性子検出装置は、主として熱中性子の感度調整を図ったものであり、広いエネルギー範囲にわたってほぼ均一な感度で中性子の検出を行うことは困難であった。なお、携帯型の中性子検出装置には、小型化、軽量化の要請がある。

【0007】本発明は、上記従来の課題に鑑みなされた

ものであり、その目的は、広いエネルギー範囲にわたってほぼ均一な感度で中性子を検出できる小型化・軽量化された中性子検出装置を提供することにある。

【0008】また、本発明の目的は、熱中性子、熱外中性子、中速中性子、高速中性子の個々に対して基本的に独立して感度調整を図ることが可能な構造をもった中性子検出装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、人体へ装着して使用される中性子検出装置であって、熱中性子遮蔽材で構成され、人体側である後方側に熱中性子を通過させる開口が形成された熱中性子遮蔽容器と、前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、前記開口から進入した熱中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる熱中性子反応層と、前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、熱外中性子及び中速中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる部材で構成され、中速中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせず熱外中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせるように厚さが調整された熱外・中速中性子反応層と、前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、高速中性子により核反応を生じて反跳粒子を生じさせる高速中性子反応層と、前記反跳粒子及び前記荷電粒子を検出する検出器と、を含み、前記熱外・中速中性子反応層での自己吸収を利用してエネルギー感度を平坦化させることを特徴とする。

【0010】上記構成によれば、熱中性子遮蔽容器内に、熱中性子反応層、熱外・中速中性子反応層、高速中性子反応層、及び検出器が配置される。熱中性子遮蔽容器は、文字通り熱中性子を遮蔽・遮断するものであり、その人体側には所定面積をもった開口が形成されている。すなわち、遮蔽容器の外側からは開口を介してのみ熱中性子が内部に進入できるようになっている。ここで、本装置の周囲から人体に進入した熱中性子は、人体内の水素原子などに衝突して散乱し、すなわちその一部が後方側に散乱することになるので、さらにその一部が開口を介して遮蔽容器内に取り込まれる。なお、熱中性子以外の熱外中性子などの一部の中性子は、人体内で弾性衝突により減速・熱中性子化されて後方散乱し、その熱中性子化された中性子の内の一部が開口内に進入する。つまり、開口面積を増減すれば、低エネルギー中性子、特に熱中性子の感度調整を図ることができる。これは上記従来例と同様である。

【0011】熱中性子反応層は、主に熱中性子と核反応して荷電粒子を発生させるものであり、すなわち開口から進入した熱中性子はこの熱中性子反応層で荷電粒子に変換される。そして、その荷電粒子は半導体検出器などで構成される検出器にて検出される。

【0012】高速中性子反応層は、遮蔽容器を通過して内部に進入した主に高速中性子に対して核反応（反跳現

(4)

特開平9-21881

象)を生じさせ、陽子などの反跳粒子を発生させるものである。それゆえ、弾性衝突による反跳反応を生じやすい水素原子などを多く含んだ物質で構成される。その反跳粒子は、検出器にて検出される。

【0013】熱外・中速中性子反応層は、遮蔽容器内に進入した主に熱外中性子及び中速中性子に対して核反応を生じさせるものである。その厚さは、中速中性子に対して十分な反応断面積(マクロ断面積 Σ)を得られ、かつ、熱外中性子の核反応により生じた荷電粒子が当該物質中を進む間にいわゆる自己吸収効果により減弱(一部が捕獲)される厚さ以上で、また中速中性子の核反応により生じた荷電粒子に対しては自己吸収が生じない(厳密には生じ難い)程度の厚さ以下とする。すなわち、前方から飛来した熱外中性子及び中速中性子の内で、熱外中性子は主に熱外・中速中性子反応層の上層で核反応し、中速中性子は熱外・中速中性子反応層の主に下層で核反応するので、熱外中性子により生じた荷電粒子を中心に自己吸収効果が働くように厚さを調整設定する。その熱外・中速中性子反応層から出た荷電粒子は検出器にて検出される。

【0014】このように本発明では、従来においては感度低下要因としてむしろその発生を避けるようにして自己吸収効果を積極的に活用して、比較的感度が高くなりやすい熱外中性子に対して感度調整(抑制)を図るものである。

【0015】以下に、開口の大きさや各層の面積及び厚さの物理的な意義についてまとめておくことにする。なお、本明細書において、中性子エネルギーを熱、熱外、中速、高速と区分したがそれは便宜上のものである。各エネルギー範囲は、他の物質との相互作用の面で違いに厳密に区別できるものではない。

【0016】まず、開口の大きさ(面積)は主として熱中性子の感度と関係する。その面積を増大させれば熱中性子の感度を上昇できる。一般に、熱中性子の物質に対する反応断面積は他の中性子よりもきわめて大きいので、その開口面積は容器に対して小さく設定する。

【0017】また、熱中性子反応層は熱中性子の感度と関係する。一般に、その厚さを大きくすれば、それより高いエネルギーの中性子に対する感度を引き上げることができるが、熱中性子反応層は、基本的に開口から進入した後方散乱熱中性子のみを対象とするものであり、その厚さは薄くても十分である。そして、独立して熱中性子反応層を設ける場合には、熱中性子のみ感度調整を容易にするために、熱中性子のみに対して核反応を生じようとする薄い層とすることが望まれる。その熱中性子反応層の面積の増減は、熱中性子の感度の高低となって現れる。

【0018】高速中性子反応層は反跳現象を媒介として主に高速中性子の感度と関係する。その厚さを大きくすれば、より高いエネルギーの中性子の感度を高められる

が、生じた反跳粒子が自己吸収効果により減速・散乱される確率も増大するので、それを考慮して、その厚さを設定する。高速中性子反応層の面積は、主に高速中性子の感度と関係があり、その面積を増減すれば高速中性子の感度を増減できる。熱外・中速中性子反応層の厚さは、熱外中性子と中速中性子の感度と関係がある。その厚さを増大させれば、自己吸収効果を十分に発揮させて比較的感度が高くなりやすい熱外中性子の感度を低減でき、かつ、比較的感度が低くなりやすい中速中性子の感度を高められる。ただし、あまり厚すぎると中速中性子に対しても自己吸収効果を及ぼすことになってしまい逆効果となるので、適宜厚さを調整する。

【0019】なお、高速中性子反応層において、検出器から見て他の反応層の影となってしまう領域が存在する場合にはその面積を考慮して、それ全体の面積を調整する。なお、高速中性子反応層があまり厚すぎると、前方以外に対して指向性が生じることになるので、それも考慮して厚さを設定することが望ましい。なお、側方からの中性子(特に、熱中性子以外の中性子)を遮蔽する遮蔽層を熱中性子遮蔽容器の側面などに設けることもできる。ちなみに、開口と熱中性子反応層の相対位置を調整することによって熱中性子の感度調整を図ることもできる。

【0020】以上のような事項を前提とすれば、当業者であれば、実験により及びシミュレーションにより、各エネルギーでの感度を調整し、最終的にできる限りフラットなエネルギー感度となるように装置を構成できる。この場合、厚さや面積などの変数が多いので、例えば高速中性子に対する感度を基準として、試行錯誤により他のエネルギーの感度を調整するのが望ましい。

【0021】本発明の好適な態様においては、前記熱中性子反応層と前記熱外・中速中性子反応層は横並びで形成される。

【0022】本発明の好適な態様においては、前記熱外・中速中性子反応層の人体側の端部領域を前記熱中性子反応層として機能させる。すなわち、熱中性子反応層と熱外・中速中性子反応層はいずれも中性子と核反応して荷電粒子を放出させるもので基本的機能は同一であるため、熱外・中速中性子反応層の端部は熱中性子と核反応を生じるものである。この場合、熱中性子は後方から飛来するので、自己吸収効果は基本的に影響しない。

【0023】また、上記目的を達成するために、本発明は、人体へ装着して使用される中性子検出装置であって、熱中性子遮蔽材で構成され、人体側である後方側に熱中性子を通過させる開口が形成された熱中性子遮蔽容器と、前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、熱中性子から中速中性子までの中性子と核反応して荷電粒子を生じさせる部材であって、前記開口から進入した熱中性子、前方側から飛来した熱外中性子及び前方側から飛来した中速中性子のそれぞれの感度を平坦化するために、中性

(5)

特開平9-21881

子飛来方向の厚さが連続的に変化させてなる調整反応層と、前記熱中性子遮蔽容器内に配置され、前方側から飛来した高速中性子により核反応を生じて反跳粒子を生じさせる高速中性子反応層と、前記反跳粒子及び前記荷電粒子を検出する検出器と、を含み、前記調整反応層は、中速中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせず熱外中性子により発生した荷電粒子に対しては自己吸収を生じさせるように厚さ設定されたことを特徴とする。

【0024】上記構成では、調整反応層が上記の熱中性子反応層と熱外・中速中性子反応層の両方の機能を有することになる。ここで、調整反応層の厚さは、エネルギー感度が平坦になるように連続的に変化させる。これによって、よりきめ細かくエネルギー感度を調整できる。もちろん、調整反応層の厚さを滑らかではなく階段状に連続変化させてもよい。

【0025】本発明の好適な態様においては、前記遮蔽容器内において、前記高速中性子反応層の人体側面には、前記熱中性子反応層及び前記熱外・中速度中性子反応層が設けられ、それらの反応層の人体側に前記検出器が配置される。すなわち、高速中性子反応層を他の反応層のホルダ（支持基板）として機能させるものである。

【0026】また、本発明の好適な態様においては、前記遮蔽容器内において、前記高速中性子反応層の人体側面には、前記調整反応層が設けられ、その調整反応層の人体側に前記検出器が配置される。

【0027】また、本発明の好適な態様においては、前記熱中性子反応層は、中性子と核反応して α 線を放出する物質で構成され、前記熱外・中速中性子反応層も、中性子と核反応して α 線を放出する物質で構成される。

【0028】また、本発明の好適な態様においては、前記高速中性子反応層は、反跳陽子を放出する樹脂層で構成される。

【0029】なお、熱中性子の感度調整ができる限りにおいて、開口の位置を熱中性子遮蔽容器の他の位置に設けることもできる。その場合、開口面積を小さくして感度調整を図ることができ、あるいは人体に代わる物質で開口を覆って感度調整を行ってもよい。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態につき図面を用いて説明する。

【0031】図1には、本発明に係る中性子検出装置の好適な実施形態が示されており、図1は中性子検出器を模式的に示した断面図である。

【0032】図1において、この中性子検出装置は、放射線取扱施設などで働く作業者としての人体20の胸ポケット等に装着して用いられるものである。熱中性子遮蔽容器22は、例えば箱形あるいは円筒形に形成され、外部から飛来する熱中性子を遮蔽する。その熱中性子遮蔽容器22は、例えばカドミウムや ^{10}B 等の物質で構成

され、いずれにしても熱中性子の捕獲・遮蔽効果の高い物質層で構成される。カドミウムを用いた場合、その厚さは例えば0.7mmであり、容器全体の大きさはその高さが5mmで、中性子飛来方向nと直交する面の大きさは例えば20mm×20mmである。すなわち、本発明に係る熱中性子遮蔽容器22は極めて小型化されている。

【0033】熱中性子遮蔽容器22の前面板22Aは熱中性子飛来方向nにほぼ垂直に向けられており、また、その後面板22Bには、図1に示す態様においてその中央部に小穴としての開口24が形成されている。この開口24は、熱中性子遮蔽容器22の周囲から人体20に進入して散乱した後方散乱後の熱中性子を容器内部に受け入れるためのものであり、すなわちその開口24の面積を増減することによって熱中性子の感度を調整できる。ちなみに、熱中性子よりも高いエネルギーの例えば熱外中性子が人体20に進入して減速散乱を受けると、熱中性子化されてその熱中性子が開口24を通過して容器内部に進入することもあり、その場合にはその熱中性子化された中性子も熱中性子として検出される。一般論として、中性子に対する物質の反応断面積は、その中性子の速度の逆数に比例することが知られており、本発明によれば低エネルギー中性子である熱中性子の感度を開口24によって抑制することができる。

【0034】熱中性子遮蔽容器22内において、その前面板22Aの裏側には高速中性子反応層26が設けられている。この高速中性子反応層26は、例えば2mmの厚さで形成されており、前方から飛来した高速中性子と核反応して反跳粒子を生じさせるものである。具体的には、この高速中性子反応層26は、例えば水素原子を多く含む樹脂層などで構成され、反跳粒子として陽子が放出される。その高速中性子反応層26の厚さおよび面積は、中性子エネルギー感度が平坦になるように適宜設定される。一般に、高速中性子に対する感度は低くなるので、図1に示す例では高速中性子反応層26は前面板22Aの全域にわたって形成され、面積が増大されている。

【0035】熱中性子反応層28は、 α 線等の飛程以下例えば0.1 μm ～1 μm の間に設定され、開口24を通過して進入した熱中性子と核反応して荷電粒子を生じるものである。具体的には、この熱中性子反応層28は例えば ^{10}B や、 ^6Li 等で構成される。この図1に示す例では熱中性子反応層28は、均一な厚さで構成されている。

【0036】熱外・中速中性子反応層30は、熱外中性子及び中速中性子に対して核反応をして荷電粒子を放出するものであり、その厚さは中速中性子に対して十分な反応断面積を有し、かつ熱外中性子により生じた荷電粒子に対して自己吸収効果を働かせるような厚さ以上で、中速中性子により生じた荷電粒子が自己吸収効果の影響

(6)

特開平9-21881

を受けない程度の厚さ以下に設定される。すなわち、自己吸収効果を積極的に利用して特に熱外中性子の感度を抑制してかつ中速中性子の感度を向上させるために、この熱外・中速中性子反応層30の厚さは熱中性子反応層28の厚さよりも厚く形成されている。この熱外・中速中性子反応層30は、熱中性子反応層28と同様の物質、すなわち中性子と核反応して α 線などの荷電粒子を生じさせる物質で構成されるが、必ずしも熱中性子反応層28と同一の物質で構成する必要はない。

【0037】この図1に示す実施形態において、高速中性子反応層26は、熱中性子反応層28及び熱外・中速中性子反応層30の支持手段すなわちホルダとしても機能しており、図1に示されるように高速中性子反応層26の人体側面に各反応層28、30が設けられている。

【0038】検出器32は、それらの反応層26、28、30の人体側に設けられており、図1に示す実施形態においては検出器32として半導体検出器が用いられている。この検出器32は、上述の説明から明らかなように、核反応より生じた荷電粒子及び反跳粒子を検出するものである。なお、検出器32は開口24を塞ぐような位置に配置されているが中性子の物質透過作用は大きいいため、実質的にそれによる影響はあまりない。もちろん、検出器32と開口24との相対位置を変更して、開口24から直接的に熱中性子が熱中性子反応層28に到達するように構成することもできる。ちなみに、開口24から進入した熱中性子は、熱中性子反応層28で上述の核反応を生じるが、熱外・中速中性子反応層30の人体側端部に到達して、その端部においても核反応を生じさせることになる。従って、そのような核反応を見越して各反応層の厚さや面積を調整することが望ましい。もちろん、例えば熱中性子遮蔽材を利用して開口24から熱中性子反応層28以外へ熱中性子が到達しないような導入路を設けることもできる。熱外・中速中性子反応層30は、この図1に示す実施形態において上述したその物理的意義を達成させるために、その厚さは α 線の飛程と比べ十分厚い例えば100 μm ～1mmの間に設定される。

【0039】図2には、図1に示す中性子検出装置の作用が示されている。図2に示されるように、熱中性子遮蔽容器22の外側を回り込んで人体20内に進入した熱中性子Sは、その一部が人体20にて散乱され開口24を介して熱中性子遮蔽容器22内へ進入する。そして、その熱中性子は熱中性子反応層28にて核反応し、その核反応により生じた荷電粒子 α が検出器32により検出される。

【0040】一方、そのような開口24を通過できなかった後方散乱熱中性子Sは、容器22の後面板22Bにてその進行が阻止され、これと同様に、前方から飛来する熱中性子Sも前面板22A等によってその進行が阻止される。

【0041】前方から飛来した高速中性子Hは、高速中性子反応層26にて核反応し、これにより生じた反跳粒子Pが検出器32にて検出される。

【0042】また、中速中性子M及び熱外中性子Eも前面板22Aを通過して熱外・中速中性子反応層30にて核反応し、荷電粒子を生じさせる。この場合、中速中性子Mは、基本的に、熱外・中速中性子反応層30の下部において核反応を生じることになり、それにより生じた荷電粒子 α は、さほど自己吸収効果を受けることなく検出器32にて検出される。しかしながら、熱外中性子Eは、その熱外・中速中性子反応層30の上部において核反応し、それにより生じた荷電粒子 α は当該物質中を長い距離通過した後に、その物質から出て検出器32にて検出されることになる。従って、当該物質の移動中においてその物質原子と衝突散乱し、これによってその移動が阻止されて、生じた荷電粒子のうちの一部がそのような自己吸収効果によって捕獲されることになる。すなわち、熱外・中速中性子反応層30の厚さを比較的厚くすることによって、熱外中性子にて生じた荷電粒子に対して自己吸収効果を及ぼしめ、これによって熱外中性子の感度を抑制する。

【0043】従って、開口24の面積、高速中性子反応層26の厚さ及び面積、熱中性子反応層28の厚さ及び面積、熱外・中速中性子反応層30の厚さ及び面積、等をそれぞれ適宜試行錯誤により調整すれば、最終的にエネルギー感度特性をほぼフラットに近付けることができる。従来においては、熱中性子とそれ以上のエネルギーの中性子との感度調整は開口24の面積を調整することにより図られており、熱中性子遮蔽容器22内に進入した熱外中性子の感度が高くなってエネルギー感度特性を良好なものにできなかったが、このような構成によれば熱外中性子の感度を独立して引き下げることができる。

【0044】図5には、図1に示したような中性子検出装置のエネルギー感度特性が示されている。すなわち、その図5に示すグラフの横軸は中性子エネルギーであり、その縦軸は感度を示している。

【0045】図5において、101は、高速中性子反応層26を用いない場合のエネルギー感度特性であり、高速中性子の感度が低下していることが理解される。一方、102は高速中性子反応層26のみを用いた場合のエネルギー感度特性であり、高速中性子に対する感度を補えることが理解される。従って、図5に実線で示されるエネルギー感度特性は、それらの101及び102を合わせたものに相当し、ほぼ10桁に渡って均一なエネルギー感度特性が得られることが理解される。なお、各反応層の面積を増大させると、基本的にこのグラフは上方に上昇することになる。

【0046】次に図3には、本発明に係る他の実施形態が示されている。なお、図1に示す構成と同様の構成には同一符号をつけその説明を省略する。

(7)

特開平9-21881

【0047】この実施形態では、熱外・中速中性子反応層34の人体側端部34Aが、図1に示した熱中性子反応層28と同様の機能を果たしている。すなわち、開口24から進入した熱中性子は、その端部34Aにて核反応を生じる。このように、当該端部34Aでの熱中性子との核反応が十分行われるような場合には、熱中性子反応層28を独立して設ける必要はない。

【0048】次に、図4には、本発明に係る他の実施形態が示されている。なお、図1に示した構成と同様の構成には同一符号をつけその説明を省略する。

【0049】図4において、調整反応層36は、図1に示した熱中性子反応層28と熱外・中速中性子反応層30と同様の物質で構成され、その両者の機能を合せ持つものであり、図4に示されるようにその調整反応層36は連続的に変化する厚みも持っている。具体的には、この図4に示す例では断面が三角形で構成されている。すなわち、その厚さが厚い領域においては、上述した熱外・中速中世反応層と同様に機能し、その調整反応層36の人体側の面は熱中性子反応層として機能する。もちろん、熱中性子に対する感度が必要以上に高くなる場合には、開口24の面積を小さくすることによってその感度調整を図ることが望ましい。

【0050】この図4に示す調整反応層36に関しては、図4に示した断面形状に限られずエネルギー感度特性に応じてその断面形状を変化させることによって、よりきめ細かくエネルギー感度を平坦化することが可能となる。

【0051】なお、上述の実施形態においては、作業者などに携帯される中性子検出装置を示したが、もちろん他の中性子検出装置として本発明を活用することもでき

る。その場合には、熱中性子遮蔽容器22における開口24の位置はその測定環境に応じて適宜設定し、必要であればその開口24を塞ぐ人体と等価な物質、例えば水素原子を多く含むものなどを利用することもできる。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば広いエネルギー範囲に渡ってほぼ均一な感度で中性子を検出できる。また、本発明によれば、中性子検出装置を小型化・軽量化することが可能である。さらに、本発明によれば、熱中性子、熱外中性子、中速中性子、高速中性子のそれぞれに対して独立に感度調整を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る中性子検出装置の実施形態を示す断面図である。

【図2】 本発明に係る中性子検出装置の作用を示す図である。

【図3】 本発明に係る中性子検出装置の実施形態を示す断面図である。

【図4】 本発明に係る中性子検出装置の実施形態を示す断面図である。

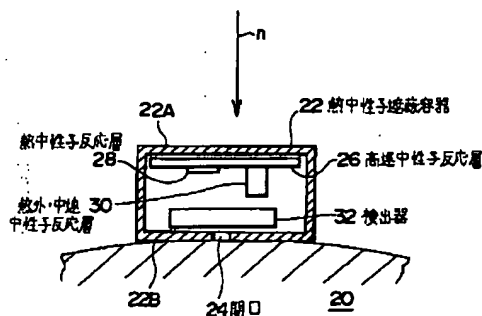
【図5】 本発明に係る中性子検出装置のエネルギー感度特性を示すグラフ図である。

【図6】 従来の中性子検出装置の構成を示す断面図である。

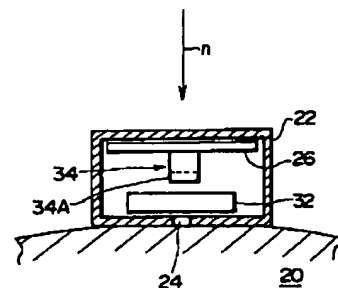
【符号の説明】

20 人体、22 熱中性子遮蔽容器、24 開口、26 高速中性子反応層、28 熱中性子反応層、30 熱外・中速中性子反応層、32 検出器

【図1】



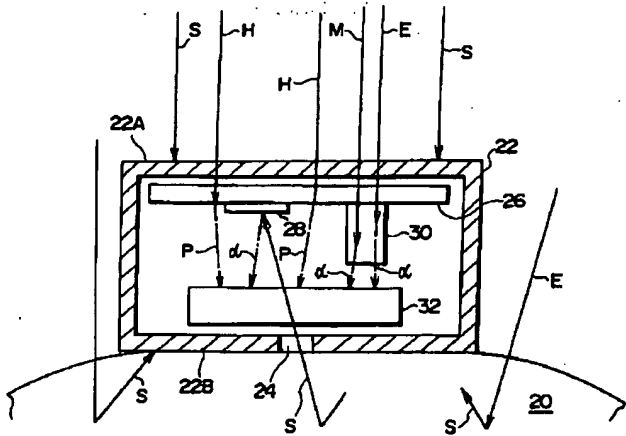
【図3】



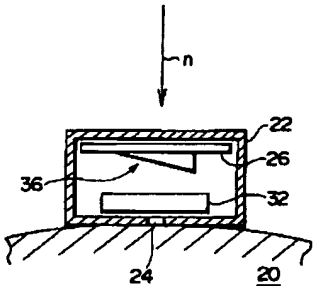
(8)

特開平9-21881

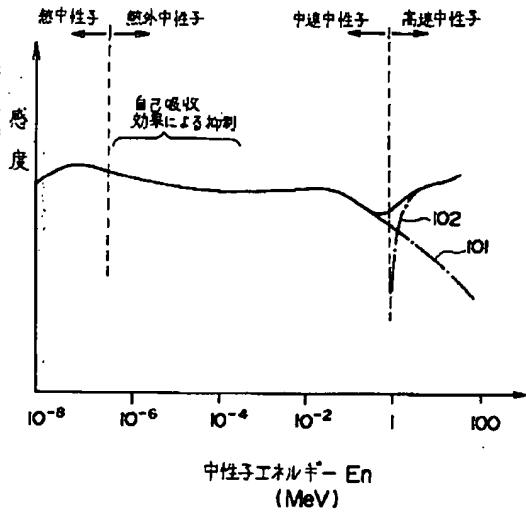
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

